

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-112008

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月28日

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>

G 1 1 B 5/31

識別記号

F I

G 1 1 B 5/31

F

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-264039

(22) 出願日 平成8年(1996)10月4日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 岩▲崎▼ 富生

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 土居 博昭

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 保川 彰夫

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

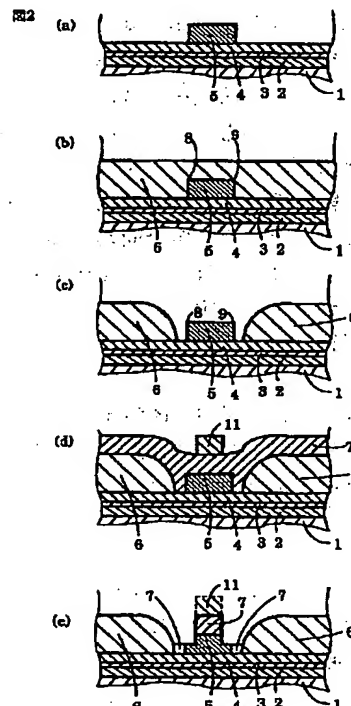
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 導電体層薄膜の膜厚が厚くても導電体層同士の接合部において剥離や断線が起こらない薄膜磁気ヘッドを実現させ、磁気ディスク装置の高速アクセス化を図る。

【解決手段】 薄膜積層構造における導電体層間の接合構造を、第一導電体層の接合面全面と第二導電体層の接合面全面を直接接合する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】データを記録するための磁気ディスクと、この磁気ディスクに前記データを記録、再生させる磁気ヘッドを備えた磁気ディスク装置において、前記磁気ヘッドは導電体層と絶縁体層とが積層された積層構造であり、前記導電体層のうち前記絶縁層の基板に対向する面に積層された第一導電体層と、前記絶縁層の他方の面に積層された第二導電体層とが前記第一導電体層に形成された第一接合面と前記第二導電体層に形成された第二接合面とを接合した接合部にて互いに電氣的に接合されており、前記接合部において前記第一接合面の外縁部と前記第二接合面の外縁部とが絶縁体を挟まずに直接接合している領域を有することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項2】データを記録するための磁気ディスクと、この磁気ディスクに前記データを記録、再生させる磁気ヘッドを備えた磁気ディスク装置において、前記磁気ヘッドは導電体層と絶縁体層とが積層された積層構造であり、前記導電体層のうち前記絶縁層の基板に対向する面に積層された第一導電体層と、前記絶縁層の他方の面に積層された第二導電体層とが前記第一導電体層に形成された第一接合面と前記第二導電体層に形成された第二接合面とを接合した接合部にて互いに電氣的に接合されており、前記第一接合面近傍の第一導電体層に肉厚が減肉している領域を有することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項3】データを記録するための磁気ディスクと、この磁気ディスクに前記データを記録、再生させる磁気ヘッドを備えた磁気ディスク装置において、前記磁気ヘッドは導電体層と絶縁体層とが積層された積層構造であり、前記導電体層のうち前記絶縁層の基板に対向する面に積層された第一導電体層と、前記絶縁層の他方の面に積層された第二導電体層とが前記第一導電体層に形成された第一接合面と前記第二導電体層に形成された第二接合面とを接合した接合部にて互いに電氣的に接合されており、さらに、前記接合部において前記第一導電体層と前記第二導電体層とが、前記第一接合面および前記第二接合面とは異なる面にて接合されている領域を有することを特徴とする磁気ディスク装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気ディスク装置に係り、特に薄膜積層構造を有する薄膜磁気ヘッドを備えた磁気ディスク装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置の高密度化および高速アクセス化を図る手段として、限られた領域に多数の導電体を巻き回した構造をもつ薄膜磁気ヘッドを備えた磁気ディスク装置が考えられている。例えば特開昭62-173607号公報（以下、公知技術という）に

開示された絶縁体層と導電体層とを積層した薄膜磁気ヘッドを備えた磁気ディスク装置が考えられる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】磁気ディスク装置が備えている公知技術の薄膜磁気ヘッドは、導電体層の膜厚が厚いほど導電体の抵抗を大きくすることなく導電体コイルの幅を小さくすることができるので磁気ヘッドの高密度化および小型化を可能にし、磁気ディスク装置の高密度化、高速アクセス化が可能になる。しかしながら公知技術の薄膜磁気ヘッドは、導電体層の膜厚が厚いほど製造工程におけるフォトリソの熱硬化や磁場中アニールといった熱処理の際に導電体層同士の接合部において剥離や断線が起こるという問題があり、導電体層の膜を厚くすることができず磁気ディスク装置の高密度化、高速アクセス化の支障になっている。

【0004】本発明の課題は、磁気ヘッドの高密度化および小型化を可能にし、磁気ディスク装置の高密度化、高速アクセス化を図ることである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】磁気ディスク装置が備えている公知技術の薄膜磁気ヘッドが、その製造工程におけるフォトリソの熱硬化や磁場中アニールといった熱処理の際に導電体層同士の接合部において剥離や断線する原因を鋭意究明したところ、導電体層同士の接合面の外縁部に介在している絶縁体が剥離や断線の主要因であることを見いだした。すなわち、絶縁体層を構成する絶縁体の熱膨張係数が導電体層を構成する導電体の熱膨張係数と異なるので熱処理における絶縁体と導電体との膨張量の差により導電体層同士の接合面の外縁部に介在している絶縁体が接合部を剥離、断線させることおよびその現象は導電体層の膜厚が厚い程顕著であることを解析および実験等により確認した。

【0006】この接合部の剥離、断線の原因となる接合面外縁部に介在する絶縁体は、接合工程における導電体層の断線を防止するために必要である。

【0007】従来技術の導電体層同士の接合部は次の工程により形成される。

【0008】工程1. 導電体層（以下、第一導電体層という）の上に絶縁体層を形成させる。

【0009】工程2. 絶縁体層の一部を除去することにより第一導電体層の接合面の中央部を露出させる。（第一導電体層の接合面の外縁部には絶縁体層を残存させる。）工程3. 第一導電体層に接合させる導電体層（以下、第二導電体層という）を絶縁体層の上に積層させる。

【0010】工程4. エッチングにより第二導電体層の不要部を除去して第一導電体層の接合面とほぼ同じ形状の接合面を第二導電体層に形成する。

【0011】そして、上記の工程2で第一導電体層の接合面の外縁部に絶縁体層を残存させることにより、工程

4における第一導電体層へのオーバーエッチングによる断線を防止している。

【0012】この方法によれば、導電体層の膜厚を厚くすることはできないが、第一導電体層の断線の防止に対して効果があるため最適な方法とされている。

【0013】しかし、前述のように、接合面外縁部に介在する絶縁体が接合面剥離、断線の原因であり、また導電体層の膜厚を厚くできない原因であることが判明したので、この接合面外縁部に介在する絶縁体を除去すれば接合面の剥離、断線を防止でき、さらに導電体層の膜厚が厚くできる。

【0014】本発明の課題は、データを記録するための磁気ディスクと、この磁気ディスクに前記データを記録、再生させる磁気ヘッドを備えた磁気ディスク装置において、次のように構成することにより解決できる。

(1) 前記磁気ヘッドは導電体層と絶縁体層とが積層された積層構造であり、前記導電体層のうち前記絶縁層の基板に対向する面に積層された第一導電体層と、前記絶縁層の他方の面に積層された第二導電体層とが前記第一導電体層に形成された第一接合面と前記第二導電体層に形成された第二接合面とを接合した接合部にて互いに電氣的に接合されており、前記接合部において前記第一接合面の外縁部と前記第二接合面の外縁部とが絶縁体を挟まずに直接接合している領域を有する。

【0015】(2) 前記磁気ヘッドは導電体層と絶縁体層とが積層された積層構造であり、前記導電体層のうち前記絶縁層の基板に対向する面に積層された第一導電体層と、前記絶縁層の他方の面に積層された第二導電体層とが前記第一導電体層に形成された第一接合面と前記第二導電体層に形成された第二接合面とを接合した接合部にて互いに電氣的に接合されており、前記第一接合面近傍の第一導電体層に肉厚が減肉している領域を有する。

【0016】(3) 前記磁気ヘッドは導電体層と絶縁体層とが積層された積層構造であり、前記導電体層のうち前記絶縁層の基板に対向する面に積層された第一導電体層と、前記絶縁層の他方の面に積層された第二導電体層とが前記第一導電体層に形成された第一接合面と前記第二導電体層に形成された第二接合面とを接合した接合部にて互いに電氣的に接合されており、さらに、前記接合部において前記第一導電体層と前記第二導電体層とが、前記第一接合面および前記第二接合面とは異なる面にて接合されている領域を有する。

【0017】

【発明の実施の形態】はじめに、磁気ディスク装置に用いられる従来の薄膜磁気ヘッドの導電体層同士の接合構造における剥離・断線のメカニズムを図19を用いて説明する。この図では、基板1の上に下地膜2、ギャップ材3、第一絶縁体層4、第一導電体層5、第二絶縁体層6、第二導電体層7を積層した構造となっており、図19(a)に示すように、第一導電体層5と第二導電体層

7との接合面外縁部に絶縁体34が介在している。薄膜磁気ヘッドの場合、導電体として例えば銅、絶縁体として例えばフォトリソグが使用されており、これらの熱膨張係数の差が大きいために熱処理を施すと絶縁体が導電体よりも大きく膨張しようとする。これによって、図19(b)中の矢印で表されるように、接合部を押し開くような応力が発生し、図19(b)の35、36の部分に剥離が生じ、これが進むと図19(c)に示すように断線に至る。接合部周囲に絶縁体が介在していなければ、図19(b)の矢印で表されるような応力は発生しないので、剥離・断線は起こりにくくなる。

【0018】本発明によれば、導電体層と絶縁体層の積層により形成された薄膜積層構造において、第一導電体層と第二導電体層との接合面の外縁部同士が直接接合する領域を有するので、絶縁体の熱膨張によって誘起される応力は低減され、接合部の剥離・断線を防止することができる。なお、製造工程におけるオーバーエッチングによる第一導電体層の膜切れは第一導電体層の膜厚を調節することにより防止することができる。

【0019】以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

【0020】まず、本発明の第1実施例である磁気ディスク装置用薄膜磁気ヘッドの接合構造を図1から図5を用いて説明する。図1は磁気ディスク装置に用いられる薄膜磁気ヘッドの導電体層同士の薄膜接合構造図であり、導電体層の接合面全面が直接接合されている。図2および図3はこれを製造するプロセスと接合構造を説明するためのプロセス断面図である。図2は図1における面ABCで切断した断面図であり、図3は図1における面DEFで切断した断面図である。本構造は図2および図3に示すように基板1に下地膜2、ギャップ材3、第一絶縁体層4、第一導電体層5、第二絶縁体層6、第二導電体層7を積層した構造であるが、接合部構造を明確にするため図1には第一導電体層5と第二導電体層7のみを示す。

【0021】この第一実施例を製造プロセスに沿って説明する。まず、基板1の上に下地膜2とギャップ材3を例えばスパッタにより成膜し、その上にフォトリソグ等の絶縁体を塗布した後、熱処理により硬化させ表面の平坦な第一絶縁体層4を形成する。この上に、例えばクロム等の薄い接着層を下面に有する銅等の第一導電体層5を形成し、エッチングを行うと図2(a)、図3

(a)に示す状態となる。次にフォトリソグ等からなる第二絶縁体層6を塗布すると図2(b)、図3(b)に示す状態となる。この後、第二絶縁体層6を露光し、現像した後、熱硬化すると図2(c)、図3(c)に示す状態が得られる。この場合、従来は、第一導電体層5の接合面外縁部8、9、10が露出しないようにしたために、接合面外縁部8、9、10の上面にフォトリソグ等の絶縁体が残され、第二導電体層7を形成したとき

に接合面外縁部に絶縁体が介在する構造となった。本第1実施例では、図2(c)、図3(c)に示すように第一導電体層5の接合面外縁部8、9、10を露出させる。この後、例えばクロム等の薄い接着層を上面および下面に有する銅等の第二導電体層7を形成し、マスク11を付けてエッチングを行うと第一導電体層5の接合面全面と第二導電体層7の接合面全面が直接接合する構造が得られる。この過程を図2(d)、図2(e)、図3(d)、図3(e)に示す。このようにすれば、第一導電体層5と第二導電体層7の接合部周囲に絶縁体が介在しない接合構造が得られ、熱処理の際に該接合部において剥離を生じにくい構造が得られる。この場合、図1の部分12に示されるように、第一導電体層5はオーバーエッチングされて薄くなるが、第一導電体層5の厚さを調節することにより膜切れを防ぐことができる。

【0022】図4も磁気ディスク装置に用いられる薄膜磁気ヘッドの導電体層同士の薄膜接合構造図であり、導電体層の接合面全面が直接接合されている。図1は第二導電体層7の上面の方からのぞき込んだ立体図であったが、図4は第一導電体層5の下面の方からのぞき込んだ立体図である。図5は図4の面GHIで切断した断面図である。これは、図1～図3の薄膜接合構造においてマスク11の幅を大きくし、図2(d)、図2(e)に示すエッチングのプロセスを図5(d)、図5(e)に置き換えることにより得られる。図4の面JKLで切断した断面図は図3と同じである。この場合も、図2に示されるように、第一導電体層5はオーバーエッチングされて薄くなるが、第一導電体層5の厚さを調節することにより膜切れを防ぐことができる。

【0023】図4の構造は、図1に比べて接合面積が大きいために剥離の起こりにくい構造となっている。ただし、図4の構造では、第一導電体層5のGH方向の幅は第二導電体層7の幅よりも小さくしなければならないので、第一導電体層5の段差部に応力が集中しやすい。これに対して図1の構造は、第一導電体層5のAB方向の幅においてはこのような制限を受けないので、第一導電体層5の段差部におけるAB方向の幅を大きくすることにより、段差部での応力集中を緩和することができる。したがって、段差部の応力集中の緩和という点では、図1の構造の方が優れている。

【0024】次に、本発明の第2実施例である磁気ディスク装置用薄膜磁気ヘッドの接合構造を図6から図13を用いて説明する。これらは第一導電体層5と第二導電体層7の接合面外縁部の一部分には絶縁体が介在しているが、他の部分には絶縁体が介在していない構造となっている。図6の38、39の部分が絶縁体の介在する場所を表す。図6の面ABCで切断した断面図は、図2(e)と全く同じである。このように接合面外縁部に接合面同士が直接接合している領域が一ヶ所でもあれば、接合面外縁部全体に絶縁体が介在した接合構造よりは剥

離の応力は低減される。

【0025】図7は、図8に面RSTで切断した断面図を示すように接合面外縁部に接合面同士が直接接合している領域があり、接合面外縁部全体に絶縁体が介在した接合構造よりは剥離の応力は低減される。なお、図7の構造は第一導電体層5がオーバーエッチングされないという点で優れている。

【0026】また、図9に示される実施例も、図7の構造と同様に第一導電体層5がオーバーエッチングされない。図10は、図9の面R'S'T'で切断した断面図である。図10に示されるように、この例もこのように接合面外縁部に接合面同士が直接接合している領域があり、接合面外縁部全体に絶縁体が介在した接合構造よりは剥離の応力は低減される。

【0027】第一導電体層5と第二導電体層7が角度をもって接続する場合として、例えば、図11のような接合構造がある。図12は図11の面XYZで切断した断面図であり、図13は、図11の面X'Y'Z'で切断した断面図である。これらの図に示されるように、この例も接合面外縁部に接合面同士が直接接合している領域があり、接合面外縁部全体に絶縁体が介在した接合構造よりは剥離の応力は低減される。

【0028】次に本発明の第3実施例としての磁気ディスク装置用薄膜磁気ヘッドを図14～図17を用いて説明する。第3実施例は、第一導電体層5、第二導電体層7、第三導電体層14からなる3層構造のインダクティブヘッドであるが、本発明はこれに限るものではなく例えば磁気抵抗効果(MR)ヘッドにも適用可能である。図14は基板1を上方から見た図であり、図15は図14におけるUVで切断した断面図、図16は図14におけるVWで切断した断面図である。この実施例を製造プロセスに沿って説明する。まず、基板1の上に下地膜2と第一磁性体17、およびギャップ材3を例えばスパッタにより成膜し、その上にフォトリソ等絶縁体を塗布した後、熱処理により硬化して表面の平坦な第一絶縁体層4を形成する。この上に、例えばクロム等の薄い接着層を下面に有する銅等の第一導電体層5を形成し、エッチングを行う。この後、フォトリソ等からなる第二絶縁体層6を塗布し、露光・現像した後、熱硬化する。この際、第一導電体層5と第二導電体層7の接合部19となる部分については、図2(c)、図3(c)に示したのと同様に第一導電体層5の接合面外縁部が露出するようにする。次に、例えばクロム等の薄い接着層を上面および下面に有する銅等の第二導電体層7を形成し、これをエッチングする。この際、第一導電体層5と第二導電体層7の接合部19においては、図2(d)、図2(e)、図3(d)、図3(e)と同様にエッチングを行い、さらに第三絶縁体層20、第三導電体層14、第四絶縁体層21を形成する。第二導電体層7と第三導電体層14の接合部15の構造は、第一導電体層5

と第二導電体層7の接合部19と同様に製造する。次に第二磁性体18をスパッタ等により形成する。この場合、図5と同様の製造プロセスにより、第二磁性体18と第三導電体層14の接合部16についても絶縁体が介在しない構造とする。

【0029】薄膜磁気ヘッドを構成する銅等の導電体とフォトレジストなどの絶縁体は、熱膨張係数の差が大きいため、従来の、絶縁体が介在した接合構造では接合部を剥離する応力が大きくなる。したがって、本発明は、特に薄膜磁気ヘッドに適用した場合に改善効果が大きい。

【0030】上記実施例の薄膜磁気ヘッドでは、第一導電体層5と第二導電体層7の接合部19および第二導電体層7と第三導電体層14の接合部15の構造は、図1に示す構造を用いたが、図4、図6、または図7に示す構造に置き換えてもよい。

【0031】また、本発明による薄膜磁気ヘッドとしては他に、図17の構造が考えられる。図14との違いは、第二導電体層7と第三導電体層14の接合部15が、第二磁性体18に覆われていない部分に位置していることであり、複雑な応力分布が生じにくい構造となっている。このため、第二磁性体18の磁気特性が安定に保たれるという利点がある。

【0032】従来の接合構造を有する磁気ヘッドを用いた場合、導電体間の接合部を剥離する応力が絶縁体の熱膨張によって生じ、その応力は、磁気ヘッドを構成する膜の厚さが厚いほど大きくなるため、あまり膜厚を厚くすることができない。本発明の接合構造を有する磁気ヘッドでは、絶縁体の熱膨張によるこのような応力は低減されるので、磁気ヘッドを構成する膜の厚さを厚くすることができる。導電体の膜厚を厚くした分だけ、導電体の抵抗を大きくすることなく導電体コイルの幅を小さくすることができるので、導電体コイルの高密度化に適しているといえる。

【0033】次に本発明の第4実施例の磁気ディスク装置を図18を用いて説明する。この実施例は、通常の磁気ディスク装置と同様に、磁気記録媒体としての磁気ディスク24と、本発明による薄膜磁気ヘッド22と、磁気ヘッドを磁気ディスク上の所定位置に移動させるためのアクチュエータ手段と、アクチュエータ手段の移動および磁気ヘッド22が読み書きするデータの送信・受信をコントロールする制御手段から構成される。

【0034】以下に、動作を含めてさらに詳しく解説する。磁気ヘッド22を支持するスライダ23は、回転軸29によって支持された磁気ディスク24上に置かれ、該磁気ディスク24が駆動モータ30により回転すると、スライダ23は、磁気ディスク24の上を浮上する。スライダ23は、弾性力を有するジンバル25によってアーム26に取り付けられる。ジンバル25の弾性力と空気ベアリング力が釣り合うことにより、スライダ

23と磁気ディスク24の間は、一定距離に保たれる。制御装置33は、ライン31、ライン32、ライン28を通して制御信号を送信あるいは受信し、磁気ディスク装置の動作を制御する。駆動モータ30は、ライン31を通して制御装置33により制御される。ボイスコイルモータ等のアクチュエータ27は、ライン28を通して、スライダ23を磁気ディスク24上の所定位置に移動・位置決めするように制御される。磁気ヘッド22が読み取った磁気ディスク24上のデータは電気信号に変換され、ライン32を通して解読される。また、磁気ディスク24上に書き込むデータは、電気信号としてライン32を通して磁気ヘッド22に送信される。

【0035】この磁気ディスク装置の磁気ヘッドとして、従来の薄膜磁気ヘッドを用いた場合、導電体間の接合部を剥離する応力が絶縁体の熱膨張によって生じ、その応力は、磁気ヘッドを構成する膜の厚さが厚いほど大きくなるため、あまり膜厚を厚くすることができなかった。本発明の接合構造を有する薄膜磁気ヘッドを用いた場合、絶縁体の熱膨張によるこのような応力は低減されるので、磁気ヘッドを構成する膜の厚さを厚くすることができる。導電体の膜厚を厚くした分だけ、導電体の抵抗を大きくすることなく導電体コイルの幅を小さくすることができる。これは、図14や図17の例で考えると、渦巻状のコイルの半径を小さくできることにつながる。接合部外縁部に介在していた絶縁体が削減される効果も合わせて考慮すると、素子のパターンを小さくできるので、結果としてスライダ23の厚さを薄くできる。こうしてスライダ23の質量を小さくし、サイズを小型化することにより、スライダ23を磁気ディスク24上の所定位置に高速にアクセスすることができる。さらにジンバル25やアーム26にかかる負担も低減することができる。

#### 【0036】

【発明の効果】本発明によれば、薄膜磁気ヘッドの高密度化、小型化が図れ、磁気ディスク装置の高密度化、高速アクセス化が可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明の第1実施例の薄膜接合構造図である。
- 【図2】図1の薄膜接合構造のプロセス断面図である。
- 【図3】図1の薄膜接合構造のプロセス断面図である。
- 【図4】本発明の第1実施例の薄膜接合構造図である。
- 【図5】図4の薄膜接合構造のプロセス断面図である。
- 【図6】本発明の第2実施例の薄膜接合構造図である。
- 【図7】本発明の第2実施例の薄膜接合構造図である。
- 【図8】図7の薄膜接合構造の断面図である。
- 【図9】本発明の第2実施例の薄膜接合構造図である。
- 【図10】図10の薄膜接合構造の断面図である。
- 【図11】本発明の第2実施例の薄膜接合構造図である。
- 【図12】図11の薄膜接合構造の断面図である。

【図13】図11の薄膜接合構造の断面図である。

【図14】本発明の第3実施例の薄膜磁気ヘッド構造図である。

【図15】図14の薄膜磁気ヘッドの断面図である。

【図16】図14の薄膜磁気ヘッドの断面図である。

【図17】本発明の第4実施例の薄膜磁気ヘッド構造図である。

【図18】本発明の第5実施例の磁気ディスク装置の構成図である。

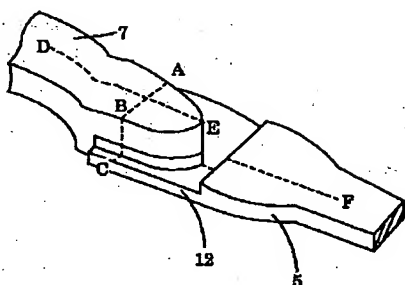
【図19】従来の薄膜接合構造の接合部剥離メカニズムの説明図である。

【符号の説明】

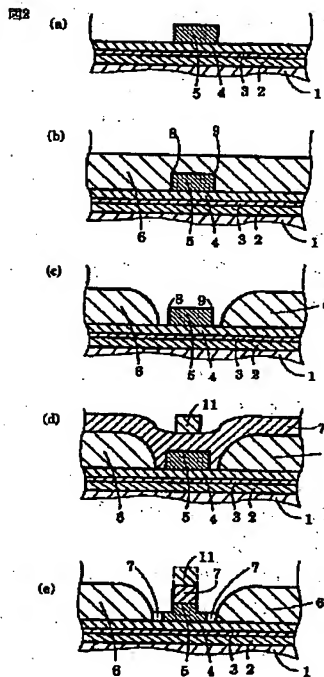
1…基板、2…下地膜、3…ギャップ材、4…第一絶縁体層、5…第一導電体層、6…第二絶縁体層、7…第二導電体層、8、9、10…第一導電体層の接合面外縁部、11…マスク、14…第三導電体層、17…第一磁性体、18…第二磁性体、20…第三絶縁体層、21…第四絶縁体層、22…磁気ヘッド、23…スライダ、24…磁気ディスク、25…ジンバル、26…アーム、27…アクチュエータ、29…回転軸、30…駆動モータ、33…制御装置、37…保護膜。

【図1】

図1

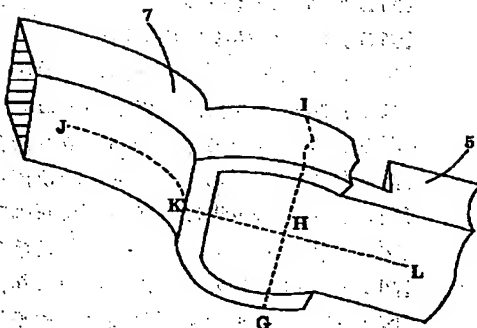


【図2】



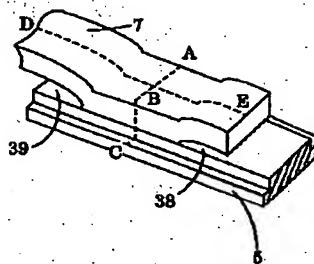
【図4】

図4



【図6】

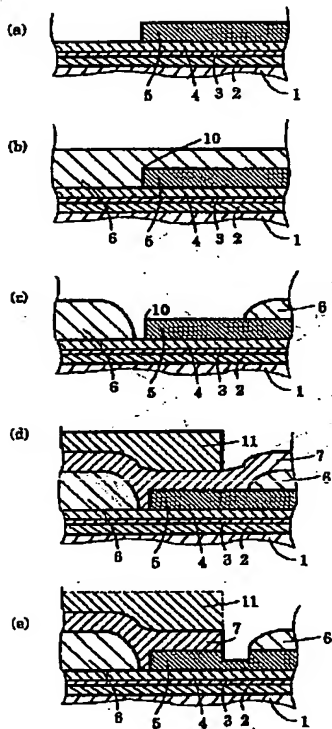
図6





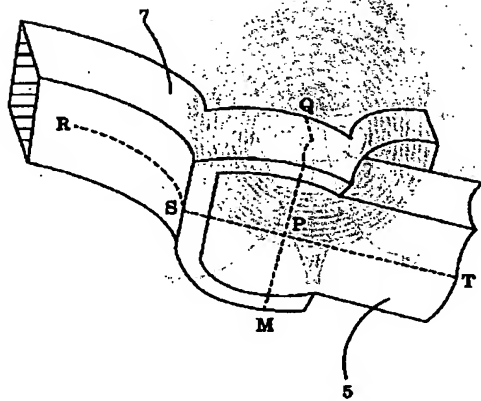
【図3】

図3



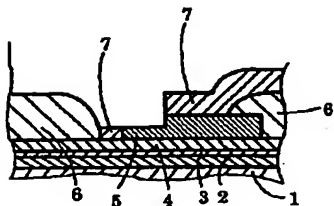
【図7】

図7



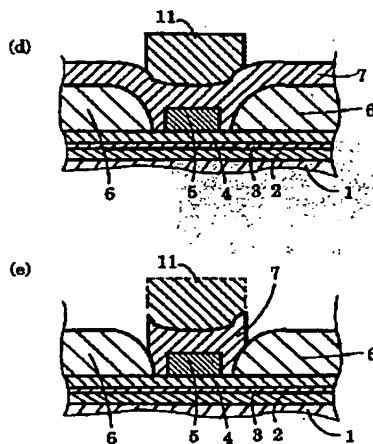
【図12】

図12



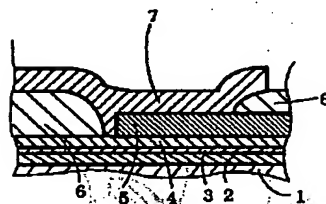
【図5】

図5



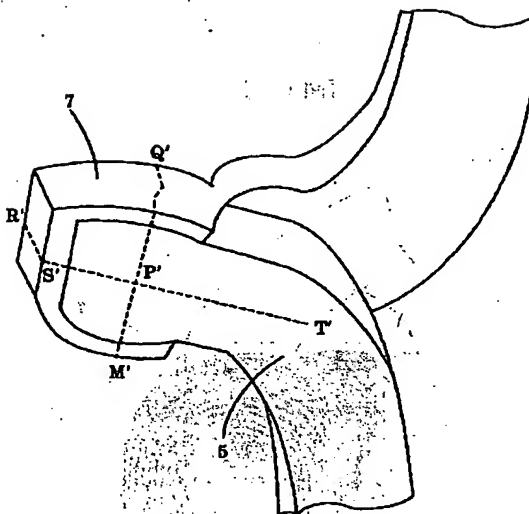
【図8】

図8



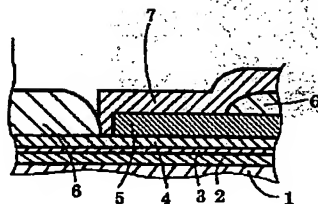
【図9】

図9



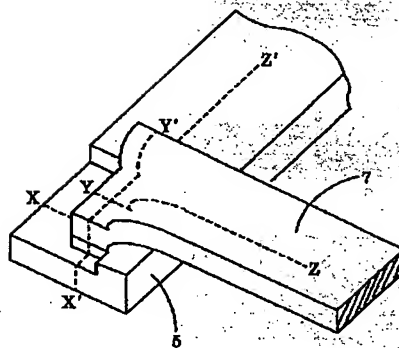
【図10】

図10



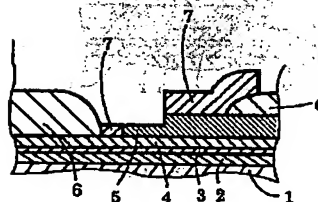
【図11】

図11



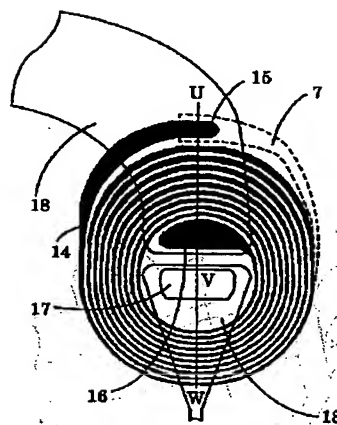
【図13】

図13



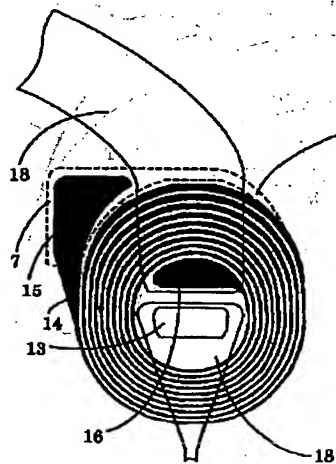
【図14】

図14



【図17】

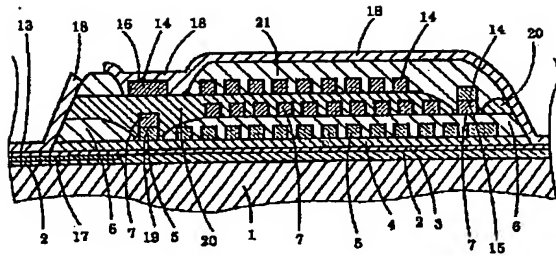
図17





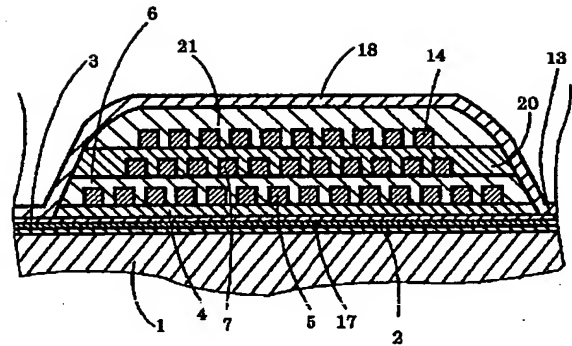
【図15】

図15



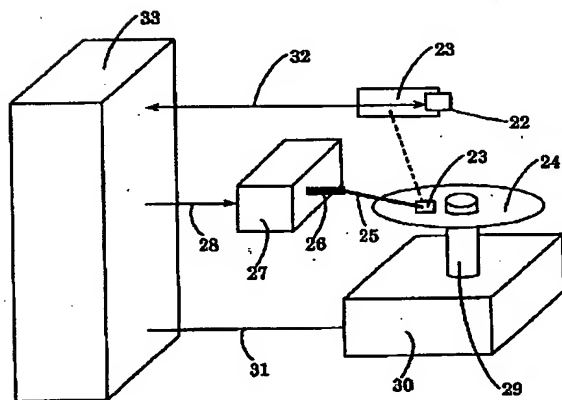
【図16】

図16



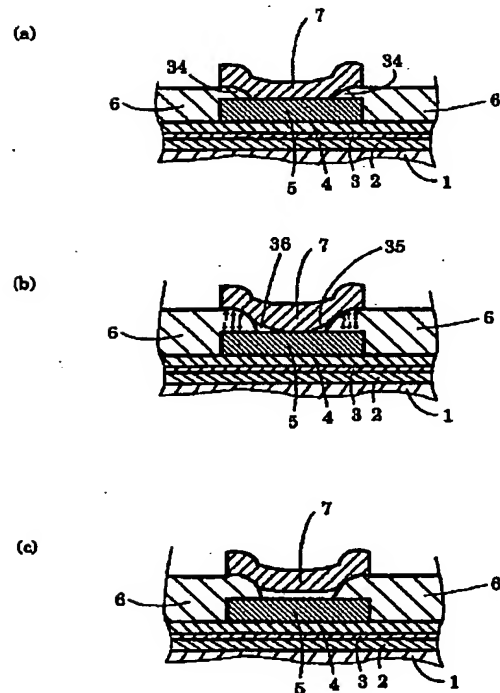
【図18】

図18



【図19】

図19



フロントページの続き

(72)発明者 斉藤 直人  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 今中 律  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72) 発明者 白木 清典

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内